

IV PROJETAR 2009
PROJETO COMO INVESTIGAÇÃO: ENSINO, PESQUISA E PRÁTICA
FAU-UPM SÃO PAULO BRASIL
Outubro 2009

EIXO: Proposição

Arquitectos con Delantales: revisión de tres experiencias de arquitectura y fabricación digital y sus implicancias profesionales.

Underlea Miotto Bruscato
Doutorado em Arquitetura UPC/Barcelona
UNISINOS, Av. Unisinos, 950, Cristo Rei
São Leopoldo, RS, Brasil
bruscatop@unisinos.br

Rodrigo García Alvarado
Doutorado em Arquitetura UPC/Barcelona
U. Bio-Bio, Avda. Collao 1202, Concepcion, Chile
rgarcia@ubiobio.cl

FONDECYT 1080328

Arquitetos com aventais: Revisão de três experiências de arquitetura e fabricação digital e suas mudanças profissionais.

Resumo

As novas tecnologias de concepção e fabricação digital estão gerando novas possibilidades de industrialização da construção e modificação das competências profissionais.

Este trabalho apresenta três casos recentes de projetos arquitetônicos em diferentes escalas e contextos, utilizando as novas tecnologias de manufatura digital que revelam características semelhantes em seus processos de produção. O Estádio Olímpico de Pequim, construído entre 2004 e 2008 projeto dos suíços Herzog & de Meuron, um refúgio rural no sul do Brasil pelo escritório Studioparalelo, implementado em meados de 2008 e um atelier prático com estudantes e profissionais Arquitetura, liderados pelos autores, no final 2008. Descrevendo as suas características e execução. Se analisa comparativamente a evolução e as atividades envolvidas, sugerindo novas relações de trabalho entre a concepção e construção. Finalmente, se discute eventuais implicações na situação profissional e suas projeções contemporâneas.

Palabras-chave: fabricação digital, projetos arquitetônicos, profission

EIXO: Proposição

The gray collar architect : review of three experiences of architecture and digital manufacturing and professional changes.

Abstract

New technologies of design and digital manufacturing are encouraging new possibilities of building industrialization, such modifies the professional roles. This paper exposes three recent experiences of architectural works of very different sizes and contexts, all of them using new digital manufacturing technologies, which reveal similar features on their production processes. The Beijing Olympic Stadium, executed between the 2004 and 2008 and designed by the Swiss architects Herzog and De Meuron, a rural refuge in southern Brazil, designed by the Studioparalelo architects and executed at the end of 2007, and a workshop with architecture students and professionals, leaded by the authors at the end of 2008. It describes some characteristics and theirs design and execution process. Then, involved activities are analyzed, suggesting that new technologies change time ranges and work relationships between design and construction, as well as possible implications on the professional situation.

Key-words: Digital Fabrication, Architectural Design, Profession.

Axis: Proposition

Arquitectos con Delantales: revisión de tres experiencias de arquitectura y fabricación digital y sus implicancias profesionales.

Resumen

Las nuevas tecnologías de diseño y fabricación digital están generando nuevas posibilidades de industrialización de la construcción y modificando los roles profesionales. Este trabajo expone tres casos recientes de trabajos arquitectónicos en muy distintas magnitudes y contextos, utilizando nuevas tecnologías de manufactura digital que revelan características similares en sus procesos de producción. El estadio Olímpico de Beijing, ejecutado entre el año 2004 y 2008 con diseño de los suizos Herzog y de Meuron, un refugio rural en el sur de Brasil de los arquitectos Studioparalelo, ejecutado a mediados del 2008, y un taller práctico con estudiantes y profesionales de arquitectura, dirigido por los autores a fines del 2008. Describiendo sus características y tareas de diseño y ejecución. Se analiza comparativamente el desarrollo y actividades involucradas, que sugieren nuevas relaciones de trabajo entre el proyecto y la construcción. Finalmente se discuten eventuales implicancias en la situación profesional, y sus proyecciones contemporáneas.

Palabras-clave: Fabricación Digital, Proyecto Arquitectónico, Profesión

Eje: Proposición

1. Introducción

Las nuevas tecnologías de diseño y manufactura digital permiten elaborar directamente modelos de estudio y componentes industriales, facilitando la variedad, precisión y masificación de los productos. Este es el fundamento de las economías industrializadas y sociedades desarrolladas. Dentro de las cuales la construcción presenta los más bajos índices de productividad (mayor cantidad de esfuerzos por los productos realizados), y las menores evoluciones en sus procesos de desarrollo, debido a que conserva aún muchas tareas y productos artesanales. La industrialización automatizada consiste en el control e información digital de las maquinarias, por tanto permiten realizar más actividades en el tiempo y más diversas. Según algunos estudios (De Carli, 2007) las empresas que utilizan manufactura digital reducen el tiempo de fabricación hasta la puesta en el mercado en un 30%, el número de modificaciones de proyecto en un 65% y el tiempo en la planificación de procesos de manufactura en un 40%. La productividad aumenta en un 15% y los costos generales de producción disminuyen en un 13%. Sin embargo los niveles de industrialización en la arquitectura y construcción aun son muy leves, estando presentes en algunos componentes de construcción o tipos específicos de edificios (Martinez, 1992). Mientras la mayor parte del diseño y producción se ejecuta con largas secuencias de actividades, preservando la individualidad de las obras, determinados por sus localizaciones, pero que genera altos costos de los productos y por ende una menor prestación en la sociedad.

Este trabajo expone tres casos recientes de trabajos arquitectónicos en muy distintas magnitudes y contextos, pero que revelan características similares de producción. El estadio Olímpico de Beijing, ejecutado entre el año 2004 y 2008, con diseño de los suizos Herzog y de Meuron, un refugio rural en el sur de Brasil de los arquitectos del Studioparalelo ejecutado a mediados del 2008, y un taller práctico con estudiantes y profesionales de arquitectura. En cada caso se describen los procesos realizados y sus tecnologías de diseño y ejecución, efectuando posteriormente una relación comparativa de los tiempos y tareas involucrados, discutiendo sus implicancias en la actividad profesional.

2. Estadio Olimpico de Beijing

La realización de los Juegos Olímpicos por primera vez en la capital de China, requirió que las autoridades locales iniciaran a partir del 2002 un amplio plan de construcción de recintos deportivos y renovaciones urbanas. Desarrollando un campus olímpico en el Distrito Chaoyang al sureste de la ciudad, que alojaría amplios parques y nuevos estadios con altos estándares y capacidad de público, pero estrechos plazos de construcción. A pesar de eso, la Comisión de Planificación Municipal decidió enfrentar estas gigantescas y sofisticadas edificaciones con concursos internacionales que le otorgaran una imagen significativa. Solicitando para el principal estadio olímpico un aforo de 100.000 personas, techo retráctil, un diseño multifuncional (que

permitiría distintos usos posteriores) y un énfasis en aspectos sustentables y tecnologías avanzadas (Rogers et al, 2007). A fines del año 2002 se seleccionaron las oficinas participantes de todo el mundo, y el 19 de Diciembre de ese año se convocó el concurso en dos etapas, que culminaron en Abril del 2003 anunciando la elección de la propuesta presentada por la oficina suiza Herzog & de Meuron, asociados con Stefan Marbach, el artista Ai Weiwei y China Architecture Design and Research Group (CADG).

Los arquitectos Jacques Herzog y Pierre de Meuron se han caracterizado desde los inicios de sus carreras por una vinculación con el arte y su capacidad profesional. Expresado en obras de gran expresividad material, y recientemente, con una exploración de tecnologías digitales de diseño. Combinando sus intenciones artísticas con una estrategia computacional para convertir imágenes planas en elementos tridimensionales, generando "volúmenes pixelados" (Bruscato, 2006).

Para el diseño del estadio de Beijing se basaron inicialmente en una fuente artesanal de cerámica con ranuras en múltiples direcciones, planteando finalmente un volumen redondeado con una trama estructural que envolvía las graderías, conformando una fachada continua y de soporte de la techumbre a la vez. Generando un espacio perimetral de circulación interior y un volumen monumental iluminado que presidía la plaza de antesala, y cuya compleja estructura le valdría después el apelativo de "nido de pájaros". Sin embargo ninguna de estas analogías sugería posibilidades efectivas para construir y sostener esta enorme estructura. La fuente original era monolítica, y los nidos de pájaros se componen de elementos lineales azarosos resistiendo esfuerzos de cizalle por fricción. Este fue un desafío central del proyecto que se extendió hasta fines del año 2004, cuando hubo finalmente que excluir el techo retráctil y reducir los asientos a 91.000 (posteriormente fueron rebajados a 80.000).

El diseño final estableció una forma elíptica de 333 metros de largo, 284 metros de ancho y 69 de alto. permitiendo que la gran mayoría de los espectadores se situara en los ejes de la elipse, asegurando una buena visibilidad del campo de juego. Con un volumen geométrico definido fundamentalmente por un toroide para la superficie del techo y un cono elíptico para las fachadas, con un rebaje curvado entre ambos. Desarrollando una superficie construida total de 258,000 m² en 6 niveles superiores y dos inferiores, sobre un terreno total de 20 hectáreas (Lerner, 2007).

El diseño tridimensional de la estructura fue elaborado con los software CATIA y analizado con ANSYS por la consultora finlandesa TEKLA, contando también con la colaboración de Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd., y Arup Sports, de Londres. Estableciendo un sistema de estructura principal reticular con torretas y 24 grandes vigas transversales dispuestos diagonalmente en planta con 343 mts. de luz y separadas 38 mts. (Zhong, 2008). Conformando en rotación el volumen general y tangencialmente la apertura central. Las torretas, de forma piramidal reciben

dos vigas convergentes simultáneamente, lo que compensa sus esfuerzos. Considerando una estructura secundaria para las circulaciones con diagonales de similar dimensión y terminación, que sugieren una composición homogénea. La capacidad de carga y las conexiones fueron sustancialmente mejoradas a través del software con un re-ajuste de la estructura principal y secundaria. Realizando un análisis de esfuerzos de los paneles de sección en cajas. Se estudio el montaje panel por panel con torres de soporte temporales, incluyendo la capacidad de resistencia sísmica durante el proceso de construcción. Reduciendo el consumo de acero estimado inicialmente de 80.000 toneladas a poco mas de 40.000 toneladas, compuestas de 36 km. de piezas.

El diseño de los elementos estructurales, especialmente de las conexiones y diseño de las piezas, exigió una detallada modelación tridimensional. Un componente particularmente importante fue el nudo entre las torretas y las vigas que poseía una conformación general similar pero diferentes trazados, además de constituir un elemento crítico en el montaje. Por esta razón fueron generados varios modelos de torretas y nudos, a través de prototipado rápido (estereolitografía), más que nada para asegurar la combinación de requerimientos estructurales y estéticos, junto con la ejecución (Stacey). A la vez que se efectuaron diversos análisis comparativos del comportamiento ambiental (Wang).



Fig.1. Modelación Digital y Prototipos del Estadio de Beijing (<http://www.ns.cn/en/>).

El 24 de Diciembre del 2003 comenzó la construcción en el terreno, aunque el diseño estuvo completo solamente en Noviembre del 2004, casi un año después. Efectuando la ejecución por etapas autónomas, aunque contractualmente vinculadas. En Diciembre del 2005 se completaron las fundaciones y estructuras de hormigón armado, a Noviembre del 2006 se monto la estructura metálica, preparada por grandes fabricantes de acero con sistemas de producción automatizada. Culminando la construcción general en Diciembre 2007. La construcción fue gestionada por la compañía National Stadium Co Ltd, un complejo de propiedad estatal y privada.

El plazo de cuatro años de ejecución para una obra de esta magnitud y complejidad es significativo (especialmente comparado con los catorce años de la Opera de Sydney), considerando también la combinación de diversos fabricantes y especialistas. Los dos años de diseño y estudios implicaron

también profesionales de todo el mundo utilizando las mas nuevas tecnologías. Incluyendo una integración estrecha entre el diseño arquitectónico, estructural y de ejecución, y la transmisión de la información digital entre diferentes software y equipos de fabricación digital.



Fig.2. Proceso de Construcción y Vista Final del Estadio de Beijing (<http://www.ns.cn/en/>).

3. Refugio de campo en Brasil

A finales del 2006 un publicista encargo el proyecto de un refugio de veraneo en el sur de Brasil a un despacho de jóvenes arquitectos de Porto Alegre y Montevideo (studioparalelo). El propietario busco así mismo la participación de nuevas empresas de componentes constructivos ofreciendo promover las ventajas de los materiales utilizados en un proyecto novedoso con publicidad por web del proceso de construcción.

La tecnología constructiva utilizada considero materiales tradicionales, aplicados a un proyecto contemporáneo para una residencia de fin de semana ubicada en un bosque de la región serrana de sur de Brasil, en los alrededores de la ciudad en São Francisco de Paula. La propuesta nació con algunas directrices como su implantación en el centro del lote con un suave desnivel, apoyándose sobre una losa en hormigón armado alejada del suelo de modo de no interferir con el perfil natural y liberarla de la humedad ascendente, característica constructiva de la región utilizada por los inmigrantes italianos locales.

Su programa de 82 m² es mínimo y sencillo, con predominio por espacios claros y luz natural, que junto con la mínima intervención en el terreno resaltarán una construcción de bajo costo. Estos conceptos motivaron el camino que los arquitectos tomaron al diseñar una construcción en seco vinculada al uso inusitado de algunos materiales tradicionales. Esta decisión de proyecto se basa en la investigación de los materiales que se utilizan en la zona, como madera y chapa de metálica, que siempre estuvieron en la construcción de las casas, pabellones agrícolas y industriales que los

inmigrantes europeos construyeron en la región de Rio Grande do Sul. Hasta la estrategia de posar la casa del suelo, evitando la humedad, que los italianos resolvían con “soco” (estructura en madera). Existe una preocupación estética, pensada a partir de una lógica estructural rígida, delimitada por la tecnología.

La volumetría es simple: dos cajas rectangulares de diferentes texturas que se interceptan. La mayor, revestida con chapa ondulada metálica, abriga el sector íntimo con los dos dormitorios y baños dispuestos en los lados opuestos. La segunda caja, en madera es más transparente y atraviesa el pabellón metálico configurando el sector social y de servicio (salón y cocina). Al pasar esos volúmenes, una terraza de piso de madera se proyecta sobre la selva, atravesando el cuerpo principal de la casa y ejerciendo la función de acceso, hall de distribución y mirador.

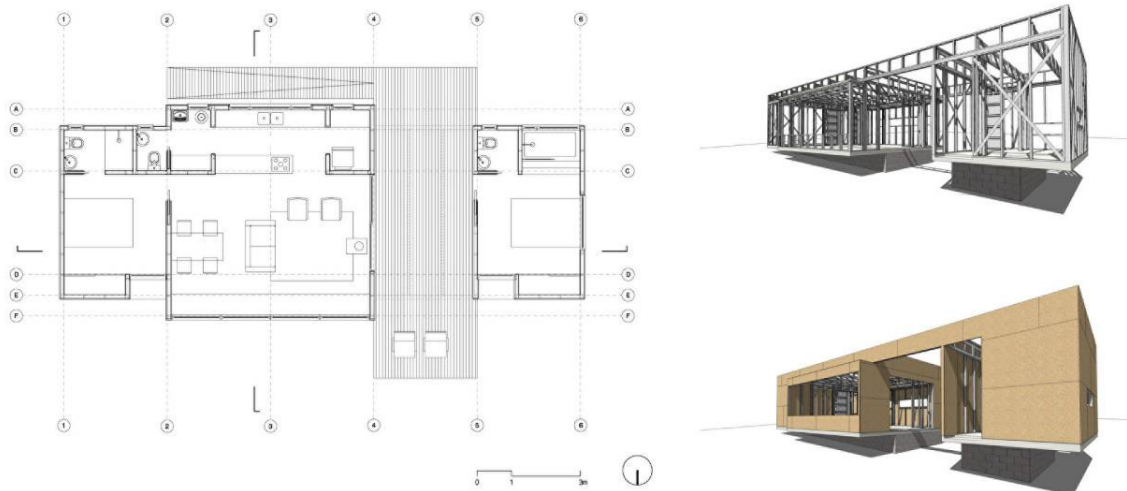


Fig.3. Planta y Modelo Digital Constructivo de Refugio (studioparalelo)

La casa fue pensada a partir de la lógica estructural del sistema constructivo industrializado, con módulos de 1.20 x 1.20 m compuesto por perfiles de acero galvanizados. La composición de las paredes consiste en paneles formados por placas de yeso acartonado, lana de roca, compensado fenólico y membrana permeable aislando todo el conjunto de la humedad. Solamente en el volumen de madera el revestimiento interno es el mismo que en el exterior. Complementando la estructura, una caja en bloques de hormigón, semi-enterrada, alejada en relación a la losa, conforma las fundaciones abrigando en el mayor desnivel un pequeño depósito. El proyecto intentó responder las necesidades del programa buscando delimitar el espacio construido, sin mimetizar o camuflarse, pero apropiándose del paisaje sin competir con el mismo.

A partir de los dibujos arquitectónicos y constructivos en CAD se realizó un modelo 3d y un video en SketchUp para entender la estructura detallando los elementos y conexiones en diferentes

etapas de ejecución. Elaborando además diseños de paneles y techumbre y mobiliarios, lo que estuvo concluido a mediados del 2007.

La opción por construir en una estructura industrializada se dio por dos aspectos principales: agilidad en la construcción disminuyendo el tiempo de trabajo in situ y permitiendo el control sobre el proceso constructivo. Pues ejecutando los componentes en un galpón en Porto Alegre, a 100 Km del terreno, posibilitó la supervisión diaria del equipo técnico amparado de las inclemencias climáticas por una estructura equipada. Fueron dos semanas para cortar y montar todos los elementos (muros y techos) y en los módulos pequeños, aplicación de las placas. Después, toda la estructura fue transportada por camión para el montaje en el terreno. La construcción total llevo 8 semanas para finalizar el servicio, considerando la ejecución de fundaciones y servicios, así como la instalación de los otros componentes. Cuando la construcción de una vivienda en esas regiones normalmente demora cinco a seis meses.



Fig.4. Fabricación de Paneles y Construcción Ejecutada (studioparalelo)

Para la realización del proyecto y la ejecución del refugio fue fundamental el trabajo coordinado con las empresas proveedores. Con la definición del sistema constructivo, se realizó el cálculo y detallamiento estructural con Placo Center y Formac. Ambas empresas, de origen chileno que actúa en Brasil desde 2005, abastecieron toda la perfilería metálica y placas de madera, además del sistema de puertas corredizas, divisiones y techumbre. Colaborando en el análisis estructural y ejecución en fabrica mediante maquinaria automatizada y planos digitales.

Utilizando un sistema universal, componentes y procesos industrializados, el proyecto buscó atender las necesidades del cliente dentro de una realidad específica. Es posible, en tanto al utilizar esa tecnología, fabricar casas en serie con modelos diferentes que puedan ser adaptados a las necesidades del lugar y del cliente. En este sentido o caso específico, el diseño cumple un papel fundamental, basado en los condiciones industriales para generar una solución innovadora, diferente y en tiempos más reducido que los procesos convencionales.

4. Workshop de Arquitectura y Fabricación Digital

Asociado a la carrera de arquitectura y Urbanismo en UNISINOS, Sao Leopoldo, RS, se realizo un curso de extensión con duración de 21 horas del 27 al 29 Noviembre de 2009 con participación de estudiantes y profesionales graduados de todo Brasil, con la colaboración de la industria de muebles Armarius y Placas de madera Masisa.

El objetivo de este curso fue desarrollar una visión innovadora del labor del arquitecto contemporáneo conociendo avances mundiales y nuevas tecnologías de proyecto y manufactura digital. Los 22 inscriptos asistieron las palestras de algunos casos internacionales, tecnologías de modelación y fabricación digital y un ejercicio práctico en cuatro etapas.

El trabajo consistía en un proyecto de un muro-mueble que se diseñaba en parejas y luego se seleccionaban algunas propuestas para ejecutar materialmente en grupos de 5 o 6 integrantes, donde se incorporaban conceptos y tecnologías que se revisaban en las conferencias teóricas.

La primera etapa del ejercicio práctico consistió en que cada participante seleccionara a ciegas un aroma de diez ofrecidos, promoviendo una mayor percepción de los diferentes sentidos. Considerando que la arquitectura tradicional es muy visual y la fabricación digital permite traer un mayor sentido del tacto, la masa y el olor de los componentes constructivos. De este modo la primera actividad pretendía abrir el entendimiento sensorial de la realidad arquitectónica que permiten las nuevas tecnologías de manufactura. Se conformaron las parejas en base a la similitud de aromas elegidos y luego se les pidió generar una interpretación grafica y escrita del aroma sin identificarlo. Buscando conceptos y formas que inspiraran el funcionamiento y diseño del muro-mueble.

La segunda etapa realizada ya en parejas consistió modelar en 3D una sección del elemento ocupable con planos que podían seccionar de un volumen total o armar de elementos rectangulares, en un total de 1,80x50x1,50. Advirtiéndolo que estas condiciones determinadas por el sistema de fabricación digital por corte de placas, y asesorando su comportamiento estructural. Finalmente se ejecuto una presentación del concepto y diseño.

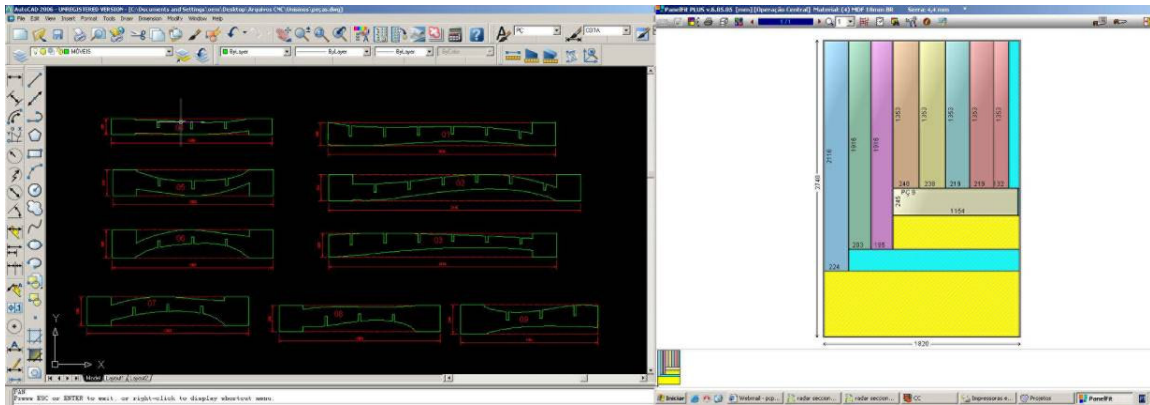


Fig.5. Diseño de Piezas y Distribución en Software de Corte (autores)

La tercera etapa se desarrollaron planos de las piezas en 2D, revisando la estructuración y ejecución en el modelo, definiendo ensambles, piezas de apoyo y ordenando las piezas en laminas de corte. Luego se discutieron y seleccionaron cuatro propuestas mas completas e innovadoras, eligiendo los mismos participantes por votación libre y enviando los planos a la fabrica por mail. Todo el proceso de diseño, análisis y detalle duro unas ocho horas en total.

El diseñador técnico de la fabrica traspaso el diseño de las piezas al software Promobel, organizando el corte rectangular de las placas primero y luego el corte de curvas y encajes en CNC. Cada modelo se distribuyo en dos o tres placas que se cortaron en un par de minutos cada una aproximadamente y luego el corte de piezas curvas en unos 20 minutos en total. Los participantes del workshop conocieron la fábrica y equipamientos, observando el proceso del corte. Después realizaron personalmente el acabado de algunas piezas (suavizado de curvas o encajes faltantes) y luego el montaje encontrando algunos defectos, que se reponían prontamente con nuevos cortes de piezas. Finalmente se efectuó una sesión de fotografía secuencial del armado, y del muro-mueble en ocupación generando una presentación visual en panel, y después un embalaje de las piezas. Para después llevarlas e instalarlos en el campus universitario, por algunos de los mismos participantes, donde se están utilizando para las funciones planificadas.



Fig.6. Corte y Montaje de Muros-mueble en Workshop (autores)

Esta actividad fue descrita por los participantes como muy motivante y esclarecedora de posibilidades profesionales, revelándose en su fuerte involucramiento en el proceso de diseño y montaje. También abrió nuevas perspectivas de líneas de productos a la empresa y cuestionamientos para la enseñanza profesional. Esta inédita experiencia de colaboración universitaria e industrial en un campo de trabajo arquitectónico normalmente distanciado, generó una significativa reflexión en los participantes y entidades involucradas, así como la producción de elementos constructivos de escala real y desempeño efectivo, en una extensión de tiempo extraordinariamente reducida gracias a las tecnologías de diseño y fabricación aplicadas.

5. Análisis

En estos tres casos o experiencias descritas, a pesar de las enormes diferencias de tamaño en las obras realizadas, se presentan singulares similitudes en los procesos. Los tres ejemplos, en situaciones muy diferentes, presentan una notable ampliación del esfuerzo de diseño y planificación de la obra en relación a su ejecución. Normalmente se considera que un tercio o un cuarto del equivalente al plazo total de construcción se debe destinar al proyecto y gestión preliminar (un veinteavo en términos de presupuestos), lo que corresponde desde un par de meses hasta un año o algo más. En este caso los procesos previos tomaron un equivalente a la mitad o

mayor cantidad de tiempo en relación a la construcción. El estadio de Beijing demoro dos años de diseño y planificación, una actividad particularmente acelerada y sobrepuesta a un proceso de cuatro años de ejecución. El refugio tomo solo tres meses, pero con alrededor de cuatro semanas de ejecución, es una proporción superior al 75%. En el workshop se destino alrededor de diez horas para modelación y programación, realizando los elementos en pocos minutos y el montaje total en menos de una hora, es decir una relación sobre el 90%.

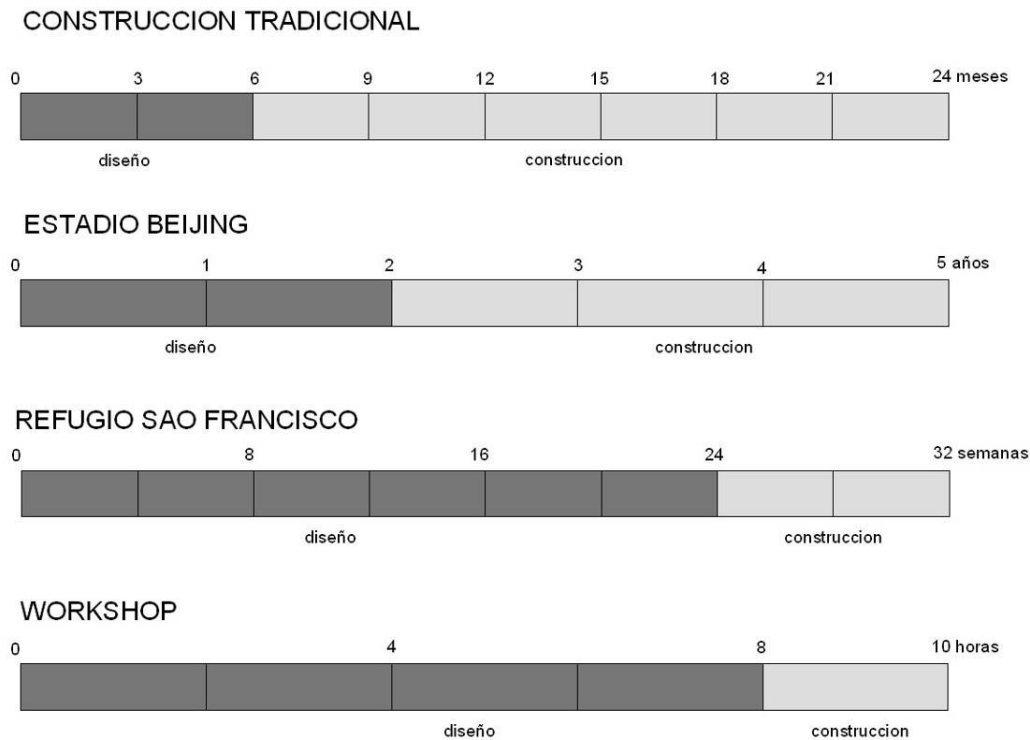


Fig.7. Comparación proporcional de tiempos de diseño y construcción (autores)

Esta dedicación puede originarse en la complejidad y novedad de los procesos involucrados, pero a su vez es notable la reducción de trabajo practico. Esto implica por un lado una mayor variedad de tareas que deben asumir los arquitectos, ingenieros y técnicos involucrados en el diseño y planificación, pero también alguna significativa disminución del personal de terreno, si consideramos que las obras obtienen costos similares (o incluso inferiores). Así mismo se debe considerar que las actividades que se incrementan involucran personal mayormente calificado que las que se reducen, es decir se rebaja mayor cantidad de personas de menor salario y aumentan la dedicación de menos trabajadores, pero mejor pagados, cambiando la estructura salarial y de personal. Considerando eso si, que las tareas en que se expanden la actividad de diseño, son mayormente de elaboración técnica, escasamente creativas y mayormente eficientes. Es probable que sean asumidas por administrativos, operarios o dibujantes especializados, pero con la

expansión universitaria (y retracción técnica) al menos en los países latinos, buena parte es realizada por arquitectos. Lo que permite una mayor visión general, orientación estética y constructiva. Respaldo la ampliación profesional, pero con una importante diversificación operativa y modificación de competencias laborales.

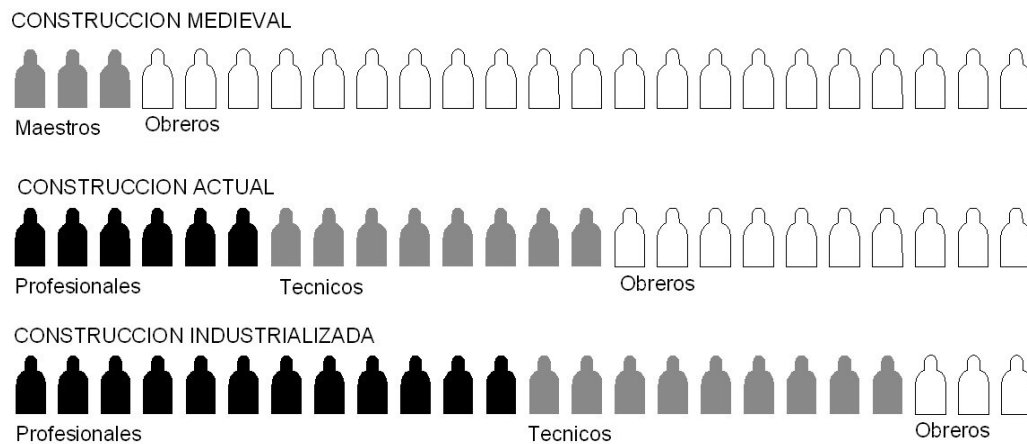


Fig.8. Personal involucrado en los diferentes procesos de construcción (autores).

Esto se advierte en las actividades específicas efectuadas en los tres casos que presentan a la vez una “ampliación” del proceso, con tareas paralelas o que presentan intereses simultáneos que tensionan más algunos aspectos que otros, aunque todos interactúan y se vinculan entre sí. Estableciendo un proceso “ancho”, con canales intercomunicados, que pueden ser realizados por el mismo personal de acuerdo a la magnitud del proyecto, pero que se producen especializaciones naturales.

Además del conducto central del proyecto, originado por el programa solicitado en un sitio determinado (o ambiente en el workshop), se presentan por un lado condiciones industriales de ejecución y por otro, proyecciones públicas que trascienden los requerimientos específicos del diseño arquitectónico. Aunque evidentemente siempre ha habido requisitos técnicos de los elementos constructivos, en este caso surgen instalaciones de ejecución con características más concretas y especializadas, orientadas a un conjunto mayor de obras. Estableciendo un flujo propio de desarrollo, planificación y ejecución de los componentes, pero que evidentemente interactúa (recoge y provee información) al diseño central. Incluyendo también en los tres casos una “asesoría externa”, para un mejoramiento estructural del diseño, que expresa la necesidad o posibilidad de un análisis mayor e independiente de este aspecto. Por otro lado se reconocen requerimientos conceptuales propios de la institucionalidad mandante y que son alimentados con aspectos del diseño algo alejados del desarrollo central y técnico, produciendo elementos de

difusión independientes, pero vinculados. Como también acciones específicas de promoción, de personal o entidades separadas del cuerpo profesional principal.

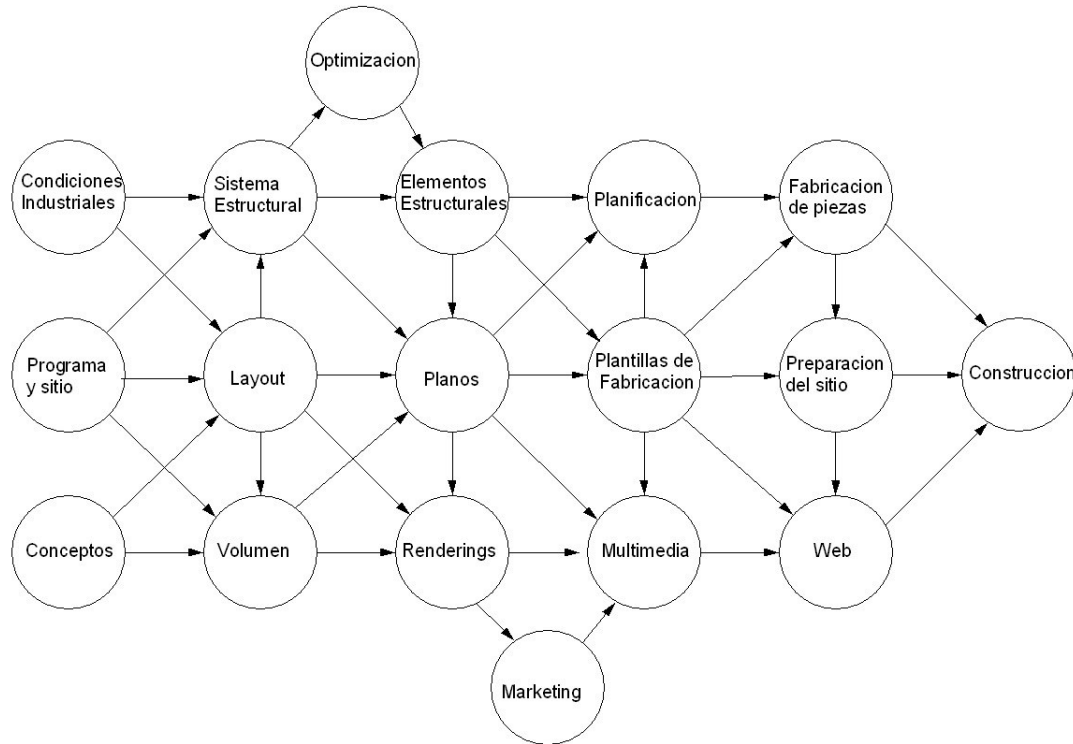


Fig.9. Proceso general de diseño (autores).

Esta disposición evidentemente requiere una estructura más variable, profesionales flexible y un fuerte soporte informático, con intensos flujos de datos e integridad del desarrollo. Lo que no es una tarea fácil en obras de magnitud, pero crecientemente necesarias. Este repertorio de tareas debe naturalmente ser registrado y caracterizado de manera más exhaustiva para identificar adecuadamente el nuevo proceso involucrado. Pero sugiere algunas características similares en las tres experiencias estudiadas.

6. Conclusiones

Se analizan tres casos de diferente envergadura, pero que utilizan significativamente tecnologías de manufactura digital, el estadio Olímpico de Beijing, un refugio rural y un taller práctico realizados en el sur de Brasil. Describiendo sus procesos de realización, actividades y resultados, lo cuales demuestran similitudes en algunos aspectos. Revisando en particular la duración de las tareas de diseño y ejecución, las cuales a pesar de presentar extensiones muy diferentes, revelan proporciones similares entre sí y significativamente distintas a los procedimientos tradicionales. Con una mayor variedad de tareas en el proyecto y planificación, que constituyen un proceso más

amplio, con una estructura de red ya sugerida por otros autores (Male y Sousa, 2003), pero revelando una tensión particular de las condiciones industriales y promocionales, que establecen canales paralelos, pero fuertemente interconectados con el desarrollo central del diseño y construcción. Luego se discuten implicancias en la estructura laboral, sugiriendo un desarrollo del rol arquitectónico hacia la mayor diversidad de tareas técnicas de manufactura (que podemos llamar “arquitectos con delantales”), aunque esto implica una reducción de operarios en terreno, enmarcado en una progresión industrial general. Planteando una vinculación relevante entre los aspectos conceptuales, funcionales, promocionales y productivos de la construcción que puede ser abordados con una perspectiva arquitectónica. Sugiriendo un estudio y formulación mas acuciosa de los procesos de diseño y ejecución en obras y contextos mas comparables, que permitan definir más explícitamente las características productivas y sus posibilidades.

7. Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de los alumnos de UNISINOS, participantes del Workshop Arquitectura y Fabricación Digital, 2008 y al Studioparalelo especialmente al Arquitecto Luciano Rocha de Andrades con créditos de fotografías de Refugio por Eduardo Aigner y al proyecto FONDECYT 1080328

8. Referencias

BASULTO, D. 2008. *Casa en Sao Francisco*, www.plataformaarquitectura.cl/2008/11/16/casa-en-sao-francisco-de-paula-studio-paralelo.

BRUSCATO, U. 2006. *De lo Digital en Arquitectura*, Universidad Politécnica de Catalunya: Barcelona. Tesis de Doctorado.

CHIARELLA M., TOSELLO M., BRUSCATO U., GARCIA Alvarado R. and BARRIA, H. 2007. *3x1 Híbridos Digitales: Talleres y videoconferencias internacionales sobre arquitectura digital*, in Proceedings of XI Congreso iberoamericano de Grafica Digital Sigradi, Universidad La Salle: México.

CRÍTICOS DE SUCESSO, XVII Encontro Nacional da Engenharia de Producao, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

DECARLI, P. C., DELAMARO, M. C. 2007. *IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA DIGITAL NUMA EMPRESA: IDENTIFICANDO OS FATORES*

KIERAN, S. and TIMBERLAKE, J. 2004. *“Refabricating Architecture, How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction”*, Ed. McGraw-Hill, New York.

LERNER N. 2007. *“Pushing the Limits in Sports Facility Design”*, Contact n°9 25

MALE-ALEMANY, M, SOUSA, J. P. 2003. "Hyper 'D-M Process, Emerging Conditions for Digital Design and Manufacturing in Architecture", en Proceedings of ECAADE-21, Graz, 2003, pp. 343-346.

MARTINEZ, C. C. 1992. Concepción arquitectónica y la industrialización: teoría general. Universidad de Valparaíso, Valparaíso.

STACEY, M. 2004. "*Digital Fabricators*", University of Waterloo School of Architecture Press, Canada.

RAMOS, M. (1998). Vers un pilotage auto-organisant de systèmes flexibles de fabrication. Thèse de Docteur de l'Université Henri Poincaré Nancy I, Nancy, France.

ROGERS A., YOON B., MALEK C. 2007. "Beijing Olympic Stadium 2008 as Biomimicry of a Bird's Nest Architectural Structures", Report ARCH 251; University Mc. Gill, Canada.

ZHOHONG F. 2008 *Simulating techniques for the Large Span steel Structure of the National Stadium Beijing*, 12th International Conference on Information Technologies in Construction, ISCCBE (International Society for Computing in Civil and Building Engineering)